

# MULTIMEDIÁLNÍ A HYPERMEDIÁLNÍ SYSTÉMY

11)  
Uložení, distribuce  
a zobrazení videa

Petr Lobaz, 30.4.2013

## TELEVIZNÍ TECHNOLOGIE

- kompozitní x komponentní
- analogové x digitální
- RGB x YUV
- komprimované x nekomprimované

MHS – Uložení, distribuce a zobrazení videa 2/50

## TELEVIZNÍ TECHNOLOGIE

### **SDTV – STANDARDNÍ TV**

- prokládání snímků, podvzorkování barevné informace
- pevný poměr stran obrazu 4 : 3
- obraz 525/59,94 (480i29,97) a 625/50 (576i25)
- kódování barev NTSC, PAL, SECAM

### **HDTV – HIGH DEFINITION TV**

- progresivní i prokládaný obraz
- vyšší rozlišení, 16 : 9, surround zvuk

### **DTV – DIGITAL TV**

- interaktivní prostředí

MHS – Uložení, distribuce a zobrazení videa 3/50

## TELEVIZNÍ TECHNOLOGIE

- 525/60 – původní systém (USA)
  - 525 řádek prokládaně, 60 pulsů/s
  - 60 Hz – síťová frekvence ⇒ malá interference
  - $525 = 7 \cdot 5^2 \cdot 3$  – stabilní děliče frekvencí
  - $525 \cdot 60 / 2 = 15750$  Hz – řádková frekvence
- 625/50 – evropský systém
  - síťová frekvence 50 Hz
  - snaha použít řádkovou frekvenci cca 15750 Hz
  - $625 = 5^4 \cdot 625 \cdot 50 / 2 = 15625$  Hz
- 525/59,94 – po zavedení barvonosného signálu (USA)
  - zavedeno kvůli interferenci obrazu a zvuku
  - přesně  $60 \cdot 1000/1001$  fps;  $1001 = 7 \cdot 11 \cdot 13$

MHS – Uložení, distribuce a zobrazení videa 4/50

---

## TELEVIZNÍ TECHNOLOGIE

---

### NTSC

- National Television Systems Committee
- typicky 525/59,94, vzorkování obrazu 720 x 480
- Severní Amerika, Japonsko, Korea
- R'G'B' → Y'P'R' → Y'UV
- kódování UV → C = ± (U sin ωt + V cos ωt)  
(fáze = odstín, amplituda = sytost)
- součet Y a C do kompozitního signálu
- pro dekódování barvy musíme znát vlnu sin ωt
  - na začátku každé řádky chroma burst signál
- signál náchylný k chybě fáze ⇒ chyba odstínu
- typicky podvzorkování 4:1:1

MHS – Uložení, distribuce a zobrazení videa

5/50

---

## TELEVIZNÍ TECHNOLOGIE

---

### PAL

- Phase Alternation at Line Rate
- typicky 625/50, vzorkování obrazu 720 x 576
- Austrálie, Čína, většina Evropy, Jižní Amerika
- vylepšení NTSC
- střídání polarity V signálu v každé řádce
  - ⇒ chyba fáze mění mezi řádkami znaménko
  - ⇒ průměrná chyba odstínu malá
- typicky podvzorkování 4:2:0

MHS – Uložení, distribuce a zobrazení videa

6/50

---

## TELEVIZNÍ TECHNOLOGIE

---

### SECAM

- Sequential Couleur avec Memoire
- typicky 25 fps, 625 řádků
- Francie, Střední východ, část Afriky
- U, V nejsou modulovány do C
  - na každé řádce přenos jedné komponenty

MHS – Uložení, distribuce a zobrazení videa

7/50

---

## TELEVIZNÍ TECHNOLOGIE

---

- 625/50 – řádková frekvence (PAL)  
 $625 \cdot 25 = 5^4 \cdot 5^2 = 15625 \text{ Hz}$
- 525/59,94 – řádková frekvence (NTSC)  
 $525 \cdot 30 \cdot 1000 / 1001 = (7 \cdot 3 \cdot 5^2) \cdot (5 \cdot 6) \cdot (5^3 \cdot 2^3) / (7 \cdot 11 \cdot 13)$
- poměr frekvencí (PAL) : (NTSC) = 143 : 144
  - ⇒ nejvyšší společná frekvence  
 $15625 \cdot 144 = 15734,26... \cdot 143 = 2250000 \text{ Hz}$
  - ⇒ násobek 2,25 MHz poskytuje celý počet vzorků na řádce pro PAL i NTSC
- Kompromis – 13,5 MHz =  $6 \cdot 2,25 \text{ MHz}$ 
  - ⇒ PAL 864 vzorků, NTSC 858 vzorků na řádek

MHS – Uložení, distribuce a zobrazení videa

8/50

## TELEVIZNÍ TECHNOLOGIE

- plný obraz (PAL) 864 x 625, (NTSC) 858 x 525 pixelů při vzorkování signálu 13,5 MHz
- signál obsahuje horizontální zatemnění
  - ⇒ nejmenší společný počet aktivních pixelů 720
  - některé „řádky“ vyhrazeny pro vertikální zatemnění ap. ⇒ počet aktivních řádek (PAL) 576, (NTSC) 480 nebo 483
- 1. nekomprimovaná digitální technologie – D1
  - vzorkování 13,5 MHz, plný počet (aktivních) pixelů
  - názvy rozlišení často D1, 3/4 D1, 1/2 D1 apod.

MHS – Uložení, distribuce a zobrazení videa

9/50

## TELEVIZNÍ TECHNOLOGIE

- doporučení CCIR 601 (dnes ITU-R)

	CCIR 601 525/60	CCIR 601 625/50	CIF	QCIF
luma	720×485	720×576	352×240	176×120
chroma	360×485	360×576	176×120	88×60
chroma sub.	4:2:2	4:2:2		
Fields/s	60	50	30	30
prokládané	ano	ano	ne	ne

MHS – Uložení, distribuce a zobrazení videa

10/50

## TELEVIZNÍ TECHNOLOGIE

### HDTV

- větší zorný úhel ⇒ požadavek na dvojnásobné rozlišení
- kompatibilita rozlišení mezi PAL a NTSC
- poměr stran 16:9 = 4:3 x 4:3
- $720 \cdot 2 \cdot 4 / 3 = 1920$
- počet řádek původně plynul z 525 vs. 625 standardů
  - kompromis 1035 by vedl na obdélníkové pixely ⇒ dohoda na 1080 řádků (1080p, 1080i)
- pro menší datové toky 1280 x 720 pixelů (720p)

MHS – Uložení, distribuce a zobrazení videa

11/50

## TELEVIZNÍ TECHNOLOGIE

- doporučení ATSC (Advanced Television Systems Committee) pro HDTV: A/53 (30/60), A/63 (25/50 fps)

rozlišení	poměr stran	fps
1920×1080	16:9	24p 30p 30i 25p 25i
1280×720	16:9	24p 30p 60p 25p 50p
704×480	16:9 & 4:3	24p 30p 60p 30i
720×576	16:9 & 4:3	25p 50p 25i
544 & 480 & 352×576	16:9 & 4:3	25p 25i
640×480	4:3	24p 30p 60p 30i
352×288	16:9 & 4:3	25p

- k 24, 30 a 50 fps se doplňují 23,976; 29,97; 59,94 fps

MHS – Uložení, distribuce a zobrazení videa

12/50

---

## TELEVIZNÍ TECHNOLOGIE

---

### DVB-T

- Digital Video Broadcasting – Terrestrial
- základem MPEG-2 TS (Transport Stream)
  - elementary stream (video + audio + audio + ...)
  - zabaleno do program stream (PS)
- několik PS zabaleno do TS
- několik dílčích TS zabaleno do jednoho TS
- před přenosem
  - randomizace pro rovnoměrné rozložení bitů
  - opatření samoopravným kódem
  - změna pořadí „bloků“ pro rozproštění chyby

---

## TIMECODE

---

- pro digitální i analogové video
- hours:minutes:seconds:frames
  - plus uživatelská data
- film: 0:0:0:0; ... ; 0:0:0:23; 0:0:1:0; ...
- PAL: 0:0:0:0; ... ; 0:0:0:24; 0:0:1:0; ...
- pro NTSC problém s 29,97 fps
  - ⇒ dropframe timecode
  - (vynechat čísla frame 0, 1 v první vteřině každé minuty kromě minut 0, 10, ..., 50)
  - 0:0:0:0; ... ; 0:0:0:29; 0:0:1:0; 0:0:1:1; ...
  - 0:0:59:29; 0:1:0:2; 0:1:0:3; ...
  - 0:9:59:29; 0:10:0:0; 0:10:0:1; 0:10:0:2; ...

---

## TELEVIZNÍ TECHNOLOGIE

---

### DVB-T

- Digital Video Broadcasting – Terrestrial
- základem MPEG-2 TS (Transport Stream)
  - elementary stream (video + audio + audio + ...)
  - zabaleno do program stream (PS)
- několik PS zabaleno do TS
- několik dílčích TS zabaleno do jednoho TS
- před přenosem
  - randomizace pro rovnoměrné rozložení bitů
  - opatření samoopravným kódem
  - změna pořadí „bloků“ pro rozproštění chyby

---

## ANALOGOVÉ VIDEO

---

### VHS

- kompozitní, luma poloviční rozlišení CCIR 601
- čtvrtinové chroma rozlišení

### S-VHS

- kompozitní, ale Y a C oddělené, lepší než VHS

### HI-8

- kompozitní, kvalita srovnatelná s S-VHS
- amatérské kamery

---

## ANALOGOVÉ VIDEO

---

### BETACAM, BETACAM SP

- Sony
- komponentové video, standard pro TV snímání
- rozdíl v typu pásky

### MII

- Panasonic, reakce na Betacam SP
- komponentové, kvalita srovnatelná s Betacam SP

### EBU B, EBU C

- komponentové, profesionální použití, nízká chybovost (dropouts)

---

## DIGITÁLNÍ VIDEO

---

### NEKOMPRIMOVANÉ

- D-1 1986, komponentové 4:2:2, drahé, referenční, překonané
- D-2 kompozitní, dočasné záznamy (zprávy)
- D-3 kompozitní, menší pásky než D1/D2
- D-5 komponentové, stejná páska jako D-3, umožňuje HDTV
- D-6 HDTV, D1 páska, špičková kvalita

---

MHS – Uložení, distribuce a zobrazení videa

17/50

---

## DIGITÁLNÍ VIDEO

---

### KOMPRIMOVANÉ

- Digital BetaCam, BetaCam SX, HDCAM, HDCAM SR, ...
  - profesionální video, pokračování Betacam
- DV, DVCPRO, DVCPRO-50, ... – pro SDTV
- HDV – varianta DV pro HDTV, používá MPEG-2
- AVCHD – pro HDTV, využívá MPEG-4 AVC, interní struktura souborová (podobná Blu-ray)
- ...
- původně většina standardů pro záznam na pásku
- alternativní média optický disk, harddisk, paměťová karta ⇒ souborová organizace dat

---

MHS – Uložení, distribuce a zobrazení videa

18/50

---

## VIDEODISKY

---

### LASERDISC

- technologie 1972, prodej 1978
- záznam navzorkovaného analogového videa
- 30–60 minut/strana, širokoúhlý obraz, zvuk DD/DTS
- kapitoly, kontrola přehrávání, statický obraz

### VideoCD

- původní specifikace 1993
- cca 80 minut, kvalita jako VHS, datový tok 1,5 Mbit/s
- video MPEG-1, 352 x 288 (PAL) nebo 352 x 240 (NTSC)
- audio MPEG-1 Layer 2, až 224 kbit/s, Dolby ProLogic
- menu, kontrola přehrávání, statický obraz

---

MHS – Uložení, distribuce a zobrazení videa

19/50

---

## DVD

---

- Digital Video Disc / Digital Versatile Disc
- disk 2x nosič 0,6 mm, slepené k sobě každý nosič 1–2 vrstvy
  - DVD-5 – 4,7 GB DVD-10 – 9,4 GB
  - DVD-9 – 8,54 GB DVD-18 – 17,08 GB
- hybridní disky (CD + DVD vrstva)
- oproti CD: hustší záznam, jiný laser, větší rychlost, jiné základní kódování, lepší ochrana dat proti chybám, jednotný filesystem – UDF
- DVD-Video, DVD-ROM, DVD-Audio, DVD-RAM, DVD-RW, DVD-R
- DVD+RW, DVD+R, SACD

---

MHS – Uložení, distribuce a zobrazení videa

20/50

---

## DVD-VIDEO

---

- předpoklad:
  - 133 minut na jednovrstvém DVD
  - 240 minut na dvouvrstvém DVD
- 26,16 Mbit/s čtení
- 13,08 Mbit/s dekódování 16/8
- 11,08 Mbit/s korekce chyb
- 10,08 Mbit/s do systému
- až 9,8 Mbit/s pro audio, video, obrázky (titulky)

---

## DVD-VIDEO

---

### VIDEO

- komprese MPEG-2 nebo MPEG-1
- rozlišení
  - 720 x 480, 704 x 480, 352 x 480, 352 x 240 (NTSC)
  - 720 x 576, 704 x 576, 352 x 576, 352 x 288 (PAL)
- pro kvalitní video alespoň 4 Mbit/s, max. 9,8 Mbit/s
- anamorfní obraz, pan&scan, letterbox
- prokládané video
- podpora několika úhlů kamery
- seamless branching, rodičovský zámek
- prezentace materiálu v různých podobách

---

## DVD-VIDEO

---

- předpoklad:
  - 133 minut na jednovrstvém DVD
  - 240 minut na dvouvrstvém DVD
- 26,16 Mbit/s čtení
- 13,08 Mbit/s dekódování 16/8
- 11,08 Mbit/s korekce chyb
- 10,08 Mbit/s do systému
- až 9,8 Mbit/s pro audio, video, obrázky (titulky)

---

## DVD-VIDEO

---

### ZVUK

- až 8 audio stop
- PCM, 48/96 kHz, 16/20/24 bitů, až 8 kanálů max. 6,144 Mbit/s
- Dolby Digital, až 5.1 (volitelně více) 64–448 kbit/s, typicky 384 nebo 448 kbit/s
- MPEG-1, MPEG-2, Audio Layer 2, až 7.1 32–912 kbit/s, typicky 224, 384 kbit/s,
- DTS, 48 kHz, až 24 bit, až 5.1 (ES 6.1, EX 7.1) 64-1536 kbit/s, typicky 754 a 1509 kbit/s
- SDDS

---

## DVD-VIDEO

---

### TITULKY

- až 32 proudů
- obrázky, 2 bity/pixel, paleta
- 10 kbit/s
- používá se i pro menu

### INTERAKTIVITA

- menu – video MPEG-2, tlačítka technologií titulků
- jednoduchý programovací jazyk (práce s omezeným množstvím proměnných, přiřazení, aritmetický výraz, podmíněný příkaz, skok na dané místo DVD)

---

## DVD-VIDEO

---

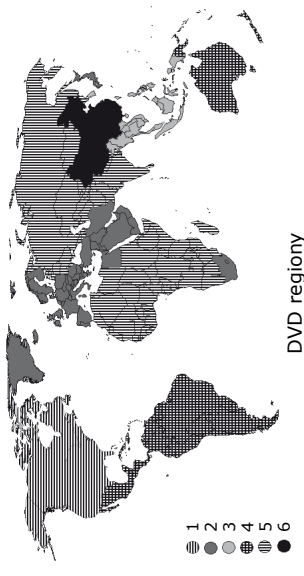
### OCHRANA DAT

- regiony
  - příznak na disku, v kterých regionech lze užívat
  - příznak v přehrávači, v kterém regionu se nachází
- analogová ochrana videa Macrovision
  - zapisná se bity na disku, nemusí být v celém videu
  - Colorstripe – vysokofrekvenční signál v barevné informaci ⇒ zmatení dekodéru barevného tónu; pro NTSC
  - AGC – pulsy během vertikálního zatmění ⇒ zmatení zesilovače v nahrávacím zařízení

---

## DVD-VIDEO

---



DVD regiony

---

## DVD-VIDEO

---

### DIGITÁLNÍ OCHRANA OBSAHU

- CGMS (Copy Generation Management System)
  - příznak – kopírování bez omezení, jen jednou, zakázáno
- CSS (Content Scrambling System)
  - některé sektory DVD zašifrovány (až 50 %)
  - dešifrovací klíče také zašifrovány
  - klíče 40 bitů (bezpečnostní politika USA)  
nedokonalý algoritmus ⇒ klíč 25 bitů  
⇒ k prolomení stačí výpočetní výkon

---

## DVD-VIDEO

---

### DEKODOVÁNÍ CSS

- 1. fáze – handshaking – přehrávač P a DVD mechanika M si pošlou zašifrovaná náhodná čísla
  - umí-li je dešifrovat, přechod do fáze 2
- 2. fáze – P a M si na základě 1. fáze vygenerují společný klíč pro přenos dalších klíčů; ten se nepřenáší
- 3. fáze – P (výrobce N) si vyžádá „disc key“ zašifrovaný pomocí „player key“ N (P ho zná, M ne)
  - DK zašifrovaný všemi PK v nepřístupné oblasti DVD
  - DK zašifrovaný PK N nemusí na DVD být
- 4. fáze – P dešifruje pomocí „disc key“ tzv. „title key“ ze záhlaví každého zašifrovaného titulu

---

## DVD-VIDEO

---

### FYZICKÁ STRUKTURA

- základem MPEG stream
- několik GOP – VOBU (video object unit)
  - aplikace Macrovision ochrany
- několik VOBU – cell
  - nejmenší adresovatelná jednotka DVD
  - základ logické struktury DVD
- několik cell – VOB
  - základní jednotka pro větvení/úhly kamery (seamless branching, camera angles)
- několik VOB – VOBs (VOB set)
  - základ pro členění disku

MHS – Uložení, distribuce a zobrazení videa

29/50

---

## DVD-VIDEO

---

- VTS (video title set) – titul
  - obsahuje atributy VTS (poměr stran obrazu, jazyky zvuku, jazyky titulů, ...),
  - VOBS pro menu,
  - VOBS pro samotný titul
  - na DVD až 99 titulů
- VMG (video manager) – speciální VTS
  - hlavní menu disku
  - neobsahuje „titul“
  - je-li přítomen, přehrávač začne s přehráváním VMG

MHS – Uložení, distribuce a zobrazení videa

30/50

---

## DVD-VIDEO

---

### LOGICKÁ STRUKTURA

- na vrcholu titul (VTS, VMG)
  - obsahuje až 999 PGC (program chain)
  - jeden z nich je „first play“
- PGC obsahuje
  - seznam programů (samotný obsah)
  - příkazy, které se provedou před programy/po nich
  - příznak, jak se mají programy přehrát (sekvenčně, náhodně bez opakování, náhodně s opakováním)
- program – seznam ukazatelů na cells
  - de facto „kapitola“ filmu
  - definuje chování tlačítek „Previous“, „Next“

MHS – Uložení, distribuce a zobrazení videa

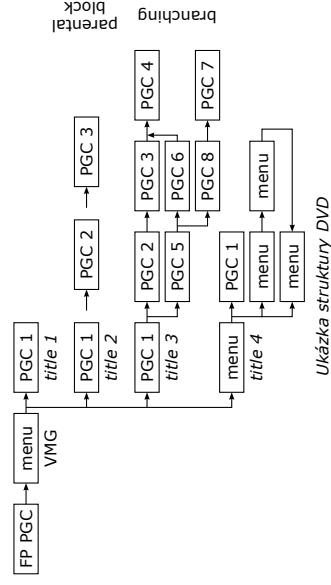
31/50

---

## DVD-VIDEO

---

### Ukázka struktury DVD

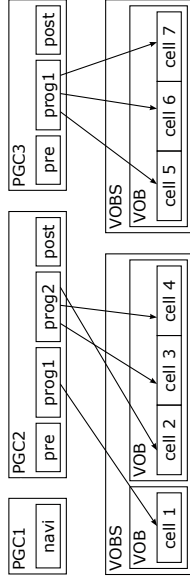


MHS – Uložení, distribuce a zobrazení videa

32/50



## DVD-VIDEO



*Návaznost logické struktury na fyzickou strukturu*

## DVD-VIDEO

### STRUKTURA DISKU

- adresář VIDEO\_TS
- Video Manager
  - informace o DVD, titulech, první PGC
  - VIDEO\_TS.IFO, VIDEO\_TS.BUP, VIDEO\_TS.VOB
- tituly – VTS (Video Title Set)
  - VTS1 – kontrola, odkazy – VTS\_xx\_0.IFO a .BUP
  - menu – VTS\_xx\_0.VOB
  - vlastní obsah – VTS\_xx\_n.VOB, max. 1 GB
- VOB – Video Object
  - video, audio, titulky, navigace

## DVD-VIDEO

### ZDROJ DAT

- digitální videokamera – obrazový formát většinou kompatibilní s DVD, obraz většinou prokódovaný
- analogová videokamera – nutná digitalizace, obraz prokódovaný
- film
  - nejkvalitnější, problém s poměrem stran a 24 fps
  - scan z negativu – nejvyšší kvalita, problém se zdrojem scan z pozitivní kopie
  - adjustáž, čištění, barevné a tonální korekce



scan z negativu



scan z pozitivu

zdroj: Marketa Lazarová (F. Váčil, 1967),  
www.nostalghia.cz

---

## DIVX

---

- Divx, Digital Video Express
- varianta DVD, platba za přehrávání
- pouze USA/Kanada
- lepší ochrana než DVD (watermarking videa, ochrana zvuku, DES)
- není na trhu

---

## BLU-RAY DISC

---

- Sony, zaměřeni na domácí elektroniku
- laser 405 nm (CD 780, DVD 650 nm), nosič 0,1 mm (CD 1,2 mm, DVD 0,6 mm)
- 1 vrstva 25 GB, až 8 vrstev, datový tok 54 Mbit/s (z toho audio+video 48 Mbit/s)
- video MPEG-2 HL, H.264, VC-1
- audio LPCM, Dolby Digital, Dolby Digital Plus, DTS, DTS-HD, Dolby TrueHD
- dva režimy tvorby
  - HDMV – podobný authoring jako DVD
  - BD-J – funkcionalita řízena Javou

---

## DIVX

---

- Divx, Digital Video Express
- varianta DVD, platba za přehrávání
- pouze USA/Kanada
- lepší ochrana než DVD (watermarking videa, ochrana zvuku, DES)
- není na trhu

---

## BLU-RAY DISC

---

### HDMV

- podpora out-of-mux audio proudu (hudba na pozadí fotogalerie)
- během dekódování v preload bufferu vždy k dispozici
  - textové titulky,
  - prezentační grafika (pozadí menu),
  - interaktivní grafika (tlačítka menu),
  - zvukové efekty
- navigace a míchání proudů – jednoduchý programovací jazyk, k dispozici 4096 32bitových registrů

---

## BLU-RAY DISC

---

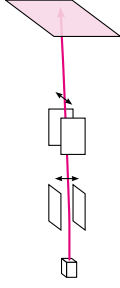
### BD-J

- základem Java Xlet (applet + pause & resume)
- Xlet spouští AV obsah nebo jiné Xlety
- skládání pozadí, video + prezentační grafiky, BD-J grafiky na obrazovce
- mapování obsahu na zdroje na BD-disku, lokálním harddisku přehrávače, internetu

## ZOBRAZOVACÍ ZARŽÍZENÍ

### CRT

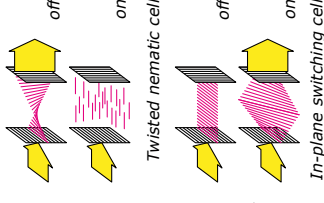
- cathode ray tube
- zvládnutá technologie
- vychýlovaný elektronový paprsek → luminofor → světlo
- kvalitní obraz
- problém s plochou obrazu (max. úhlopříčka 100 cm)
- velké, těžké



## ZOBRAZOVACÍ ZARŽÍZENÍ

### LCD

- liquid crystal display
- podsvícení → polarizační filtr → modulační polarizace pomocí LC → polarizační filtr
- různé technologie modulační polarizace:
  - twisted nematic (TN),
  - in-plane switching (IPS),
  - patterned vertical alignment (PVA),
  - ...



## ZOBRAZOVACÍ ZARŽÍZENÍ

### LCD

- přívod signálu na buňku
  - tenkovrstvý tranzistor (TFT)
  - plasma v řádkových kanálcích
- kapalně krystalové se objevují i v jiných technologiích
- lehké, tenké, plochá velká obrazovka
- problém s pozorovacím úhlem

## ZOBRAZOVACÍ ZARŽÍZENÍ

### PDP

- plasma display panel
- výboj v buňce obrazovky → plasma → luminofor → světlo
- dobrý kontrast, velký jas, tenký plochý displej
- drahé, velký příkon

## ZOBRAZOVACÍ ZAŘÍZENÍ

### OLED

- organic light-emitting diode
- každá buňka miniaturní LED
- oproti LCD nevyžaduje podsvícení, nízká spotřeba
- tenký displej (svinovací), levná výroba
- nižší životnost než LCD/PDP

## ZOBRAZOVACÍ ZAŘÍZENÍ

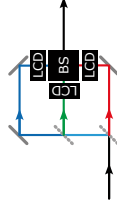
### SED/FED

- surface-conduction electron-emitter display/  
field emission display
- obrazovka s luminofovy jako u CRT
- pro každý pixel miniaturní elektronový zářič
  - elektrody s mezerou několik nm, pro elektronový tok stačí napětí 10 V
  - mezi elektrodami a stínítkem 10 kV – elektrony dopadají na luminofovy stínítka → emise světla
- lehké, tenké, ploché
- obrazové vlastnosti podobné CRT

## ZOBRAZOVACÍ ZAŘÍZENÍ

### LCD PROJEKCE

- základem malé LCD modulátory světla (SLM – spatial light modulator)
- 1čipové světlo → RGB LCD → objektiv
- 3čipové světlo → rozdělení na R, G, B (dichroická zrcadla) → 3x LCD → sloučení světla → objektiv



## ZOBRAZOVACÍ ZAŘÍZENÍ

### DLP PROJEKCE

- digital light processing
- základem DMD čip (deformable micromirror device)
  - miniaturní zrcátka (cca  $10 \times 10 \mu\text{m}$ )
  - natočení v úhlu cca  $\pm 12^\circ$ , typicky binární ovládání
  - simulace různých jasnů – délka pulsu světla
- 1čipové: světlo → DMD → rotující barevné kolečko → objektiv
- 3čipové: světlo → rozdělení na R, G, B → 3x DMD → sloučení světél → objektiv
- větší kontrast než LCD
- dříve horší barevnost, „duhový efekt“

---

## ZOBRAZOVACÍ ZAŘÍZENÍ

---

### LASEROVÁ PROJEKCE

- nevýhodou LCD i DLP je malá hloubka ostrosti
- laser (R, G, B) → modulače jasu pomocí akusticko-optického modulátoru (AOM) → optické vlákno → horizontální rozmítací zrcátko → objektiv → vertikální rozmítací zrcátko
- paprsek úzký ⇒ možná projekce na křivé plochy
- vynikající gamut

---

## ZOBRAZOVACÍ ZAŘÍZENÍ

---

### MOZAIKOVÉ ZOBRAZOVACÍ PLOCHY

- pro velkoplošné exteriérové zobrazování
- úhlopříčka > 10 m, jas > 4000 cd/m<sup>2</sup>
- složeno z jednotek, každá několik RGB triád
  - zjednodušená konstrukce CRT (Sony JumboTron)
  - výkonné LED (Sony JLTTron)